

УДК

В.В. Ляхов, А.Б. Макар, І.В. Кенс, Ю.А. Шминдюк, І.М. Підгурський  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОЕФІЦІЄНТІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ ДЛЯ ТАВРОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

V.V. Lyahov, A.B. Makar, I.V. Kens, Y.A. Shmyndyuk, I.M. Pidgurskyi  
COMPARATIVE ANALYSIS OF STRESS CONCENTRATION FACTORS  
FOR FILLET WELD JOINTS

Визначення локальних напружень в зонах зварних швів є досить проблематичним через невизначеності, що пов'язані з його геометрією в зоні переходу від металу шва до основного, формою зварного шва та ін. У зв'язку з цим зварні шви поділяють на категорії, що нормуються в залежності від типу шва, умов навантаження та ін. [1]. Найбільший інтерес для проведення досліджень представляють кутові зварні шви, в яких, виходячи з аналізу місць зародження втомних тріщин, виникають пошкодження, що фіксуються, в основному, по лінії сплавлення швів [1]. Зважаючи на це, були відібрані основні типи можливих геометричних відхилень форми кутового зварного шва, які можуть впливати на розподіл локальних напружень поблизу лінії сплавлення шва.

Методика дослідження передбачала послідовний аналіз впливу кожного можливого формування зварного шва, на характер розподілу локальних напружень поблизу лінії сплавлення шва. Нами було проведено дослідження геометрії зварного шва таврового з'єднання (рис. 1), виготовленого із низьколегованої сталі 09Г2С, товщиною 4 мм. Зварювання шва виконане напівавтоматичним способом у середовищі вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ); зварний дріт марки Св08Г2С. Зварювання здійснювалось згідно ГОСТ 5264-80.

Здійснювалось вимірювання величини кута  $\theta$  між наплавленим зварним швом та поверхнею основного металу. Необхідні для розрахунків коефіцієнтів концентрації напружень  $K_t$  параметри форми сполучення валика з основним металом  $r$  і  $\theta$  можуть бути визначені за залежністю [2]:

$$r = 0,035 + \frac{62,3}{\theta} \quad (1)$$

На основі отриманих результатів побудовано гістограму (рис. 2).

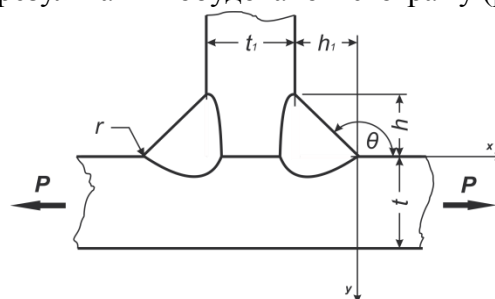


Рисунок 1 – Схематизація зварних швів таврового з'єднання

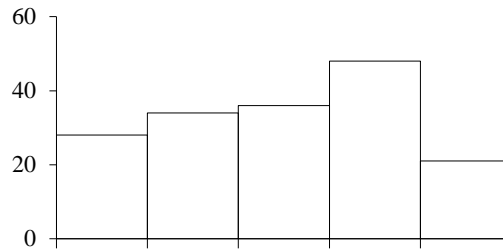


Рисунок 2 – Результати розрахунків радіуса заокруглення  $r$  в зоні переходу від металу шва до основного металу таврового з'єднання

За отриманими параметрами та базовими геометричними характеристиками зварного шва оцінювали коефіцієнти концентрації напружень за залежністю [3]:

$$K_t = 1 + \frac{1 - \exp\left(-0,9(\pi - \theta)\sqrt{\frac{W}{2h}}\right)}{1 - \exp\left(-0,45\pi\sqrt{\frac{W}{2h}}\right)} \times \left[ \frac{1}{2,8\left(\frac{W}{t}\right) - 2} \times \frac{h}{r} \right]^{0,65}, \quad (2)$$

де  $W = (t + 2h) + 0,3(t_1 + 2h_1)$ ;

та залежністю, отриманою методом скінченних елементів [4]:

$$K_t = 1 + A(r/t)^\alpha, \quad (3)$$

Розрахунок в обох випадках здійснювався за такими параметрами швів:  $t = t_1 = h = h_1 = 4$  мм;  $\theta = 120^\circ$ ;  $r = 1$  мм;  $A = 0,24$ ;  $\alpha = -0,620$ . За результатами розрахунку отримали наступні коефіцієнти концентрації напружень: за залежністю (2) –  $K_t = 1,88$ ; за залежністю (3) –  $K_t = 1,68$ .

Проведено також експериментальну оцінку коефіцієнтів концентрації напружень в околі зварних швів. Для цього в зоні сплавлення кутового шва з основним металом здійснено заміри деформацій малобазовими тензорезисторами (база 1 мм, ТОВ «Веда»), що наклеювали на поверхню зразка (рис. 3). Реєстрацію сигналів здійснювали універсальною вимірювальною системою [5]. На рис. 4 представлено характер розподілу локальних напружень в зоні зварного з'єднання та результати  $K_t$ , отримані за залежностями (2, 3) та дані, отримані експериментально.

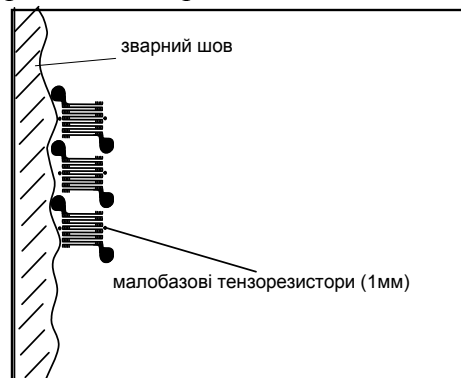


Рисунок 3 – Схема наклеювання тензорезисторів у зоні зварного з'єднання

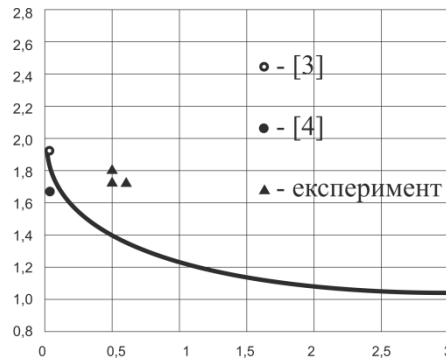


Рисунок 4 – Оцінка коефіцієнтів концентрації напружень  $K_t$  в зоні таврового зварного з'єднання

Зазначимо, що радіус заокруглення  $r$  та отримані коефіцієнти концентрації напружень  $K_t$  мають суттєвий вплив на довговічність зварних з'єднань низьколегованих сталей. Зокрема спостерігається зниження ресурсу до 20% при зменшенні  $r$  від 1,8 до 0 мм при товщині елементів 4 мм та зниження довговічності до 50% за тих же умов та збільшенні товщини елементів до 20 мм [6].

Література:

1. Махненко В.И. Ресурс безопасной эксплуатации сварных соединений и узлов современных конструкций: Моногр. / ИЭС им. Е.О.Патона НАН Украины. - К.: Наук. думка, 2006. - 619 с.
2. Размышляев А. Д. Повышение качества стыковых соединений при дуговой сварке в продольном магнитном поле / Размышляев А. Д., Миронова М. В., Лещенко А. И. // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2012. – №1(24). – С. 190-196.
3. K. Iida, T. Uemura. Stress Concentration Factor Formulae Widely Used In Japan //Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures. Volume 19, Issue 6 June 1996. - P. 779–786.
4. Stress concentration effects of undercut defect and reinforcement in butt welded joint / Journal [Engineering Failure Analysis](#) 17 (2010) // March 2010. – P. 571-578.
5. Універсальна вимірювальна система для дослідження динаміки сільськогосподарських машин / Т.І. Рибак, М.І. Підгурський, В.І. Костюк та ін. // Надійність і довговічність машин і споруд, 2005. –Вип.25.- С.112-119.
6. Ferreira M. Influence of the radius of curvature at the weld toe in the fatigue strength of filled welded joints / Martins Ferreira, Moura Branco // Int J Fatigue. – 1989. – №1. – P. 29-36.